ज्वालामुखी

गोपीनाथ श्रीवास्तव

प्राक्कथन

अमेरिका में अपने चार मास के प्रवास मे मुझे एलोस्टोन पार्क में 'ओल्ड फेथफुल' नामक प्रसिद्ध गीज़र तथा अनेक वाष्पमुख एव अरीजोना में बुझा हुआ ज्वालामुखी 'सनसेट क्रेटर' देखने का अवसर मिला। इनसे मैं इतना प्रभावित और आकृष्ट हुआ कि इन पर एक पुस्तक लिखने के लोभ का संवरण नही कर सका। प्रस्तुत पुस्तक उसी के परिणामस्वरूप है।

पुस्तक में पाँच अध्याय हैं। पहले अध्याय में बताया गया है कि ज्वालामुखी क्या है, उसमे विस्फोट कैसे होता है, कितने प्रकार के ज्वालामुखी होते है, वे कहाँ पाये जाते है आदि; दूसरे अध्याय में पठार और टापू के निर्माण पर प्रकाश डाला गया है और बताया गया है कि उनके निर्माण मे ज्वालामुखी का क्या योगदान है; तीसरे अध्याय में लावे के विभिन्न रूपो की चर्चा की गयी है; चौथे अध्याय मे संसार के प्रसिद्ध विस्फोटों और उनकी विध्वंस-लीला का विवरण दिया गया है और पाँचवें अध्याय मे ज्वालामुखी की उपयोगिता पर सविस्तर प्रकाश डाला गया है। इसी अध्याय मे यह भी बताया गया है कि गीजर वाष्पमुख क्या हैं और वे कैसे बनते हैं आदि।

पुस्तक सरल और सुबोध भाषा मे लिखी गई है। पाठकों को यह रुचिकर लगेगी और उनके ज्ञानवर्धन मे सहायक सिद्ध होगी—इसमें मुझे कोई सन्देह नहीं।

अन्त मे, मैं डॉ० गिरीश चन्द्र, एम० एस-सी०, पी-एच० डी०, डी० फिल० के प्रति कृतज्ञता ज्ञापन करना चाहूँगा जिन्होंने अमेरिका में मेरे प्रवास की अवधि मे वैज्ञानिक विषयों पर पुस्तकें लिखने के लिए न केवल मुझे प्रेरित किया अपितु सभी संभव सहायता और सुविधाएँ उपलब्ध कीं।

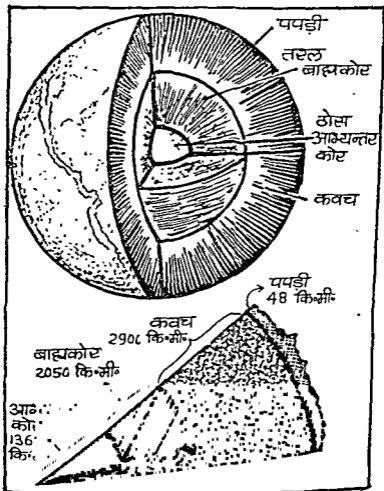
—गोपीनाथ श्रीवास्तव

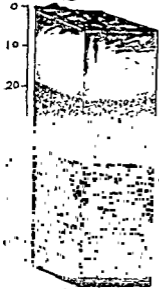
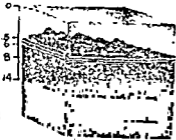
विषय-सूची

1
ज्वालामुखी विस्फोट

वैज्ञानिकों का कहना है कि पृथ्वी के तीन भाग हैं: पपड़ी, कवच और कोर। पपड़ी की मोटाई 9 किलोमीटर से 48 किलोमीटर तक है, कवच लगभग 2900 किलोमीटर मोटा है और कोर की मोटाई लगभग 3450 किलोमीटर है, जिसमें से वाह्य कोर लगभग 2050 किलोमीटर और आभ्यन्तर कोर लगभग 1360 किलोमीटर मोटा है। पृथ्वी का यह कोर बहुत सघन है। इसमें कुछ पिघला हुआ लोहा और सिलीकन है। वाह्य कोर तरल पदार्थ है और आभ्यन्तर कोर ठोस है। पृथ्वी के चुम्बकीय क्षेत्र की उत्पत्ति का कारण तरल वाह्य कोर में संचरण ही है।

पपड़ी दो प्रकार की होती है: महाद्वीपी और

चित्र- 1

महासागरी। महाद्वीपी पपड़ी वजन में अपेक्षाकृत हल्की होती है। इसका औसत घनत्व 2.7 है जबकि महासागरी पपड़ी का औसत घनत्व 3.0 है। ऊपरी कवच का घनत्व 3.4 होता है। महाद्वीपी पपड़ी की मोटाई अलबत्ता ज्यादा होती है, औसतन 35 किलोमीटर से 40 किलोमीटर; ऊँची पर्वत-शृंखला के नीचे यह मोटाई 60 से 70 किलोमीटर होती है, जबकि महासागरी पपड़ी की मोटाई केवल 6 किलोमीटर। अनुमान है कि महाद्वीपी पपड़ी 150 करोड़ से लेकर 350 करोड़ वर्ष पूर्व बनी होगी जबकि महासागरी पपड़ी लगभग 20 करोड़ वर्ष पहले की ही है। महाद्वीपी पपड़ी की संरचना महासागरी पपड़ी की अपेक्षा अधिक जटिल है।

पृथ्वी तीन प्रकार के पत्थरों से बनी है। पत्थर की एक किस्म है **जलोढ़** पत्थर। इसमें अन्य पत्थरों के टुकड़े होते है जो छोटी-छोटी कंकड़ियों, बालू के कणों आदि में परिवर्तित होकर वह जाते है। प्रायः इसमें ऐसे पौधों और जानवरों के भी अवशेष रहते हैं जो बहुत पूर्व समुद्र, नदी या झील में रहते थे। करोड़ों वर्षों तक ये टुकड़े या निर्जीव पौधे और जानवर नीचे दबे पड़े रहे और अन्ततः सब पत्थर बन गये। दूसरी किस्म है **आग्नेय** पत्थर। यह

चित्र 2
किलोमीटर
0
10
20
ग्रैनोडिओराइट बनावट
गलनांक क्षेत्र 8/तलछटी
ग्रैनाइट रूपांतरिक परत
बेसाल्टी परत
कवच
महाद्वीपी पपडी का खण्ड
0
5
8
14
परत¹ तलछट
परत² बैसाल्टी पिलोलावा
परत³ डोलेराइट

पत्थर उस समय बनता है जब गर्म तरल पदार्थ ठंडा होकर ठोस हो जाता है, जैसे लावा ठंडा होने पर आग्नेय पत्थर बन जाता है। तीसरी किस्म है रूपांतरिक पत्थर। यह परिवर्तित पत्थर है। ताप, दवाव या रासायनिक क्रिया से तरल पदार्थ या अन्य प्रकार का पत्थर इस रूप में परिवर्तित हो जाता है। सभी पत्थर ठोस होते हैं और उनमें एक या अनेक खनिज पदार्थ होते हैं।

गहरे कुएँ या खानें खोदने पर देखा गया है कि जैसे-जैसे गहराई बढ़ती जाती है पत्थर का तापक्रम बढ़ता जाता है, उदाहरणार्थ पृथ्वी के 65 किलोमीटर नीचे पत्थर का तापक्रम लगभग 2200° फेरनहाइट है। यदि सतह पर पत्थर इस तापक्रम पर गर्म किया जाय तो वह पिघल जायेगा। अनेक किलोमीटर मोटी पपड़ी के नीचे दबे रहने के कारण अत्यधिक दवाव से पत्थर कड़ा बना रहता है। पिघलने के लिए पत्थर को फैलना होता है, किन्तु पृथ्वी में ज्यादा गहराई पर पत्थर के फैलने की जगह होती नहीं। इसलिए यदि पृथ्वी के सिकुड़ने के कारण पपड़ी में संचलन होता है तो 32 से 48 किलोमीटर नीचे पत्थर के फैलने की गुंजाइश हो सकती है और वह तरल पदार्थ में परिवर्तित हो

सकता है ।

पपड़ी के वहुत निचले और कवच के ऊपरी भाग के वीच पिघला पत्थर होता है । यह इतना गर्म होता है कि उसका रूप गाढ़े पेस्ट की तरह होता है । यह तरल पत्थर **मैगमा** के नाम से जाना जाता है । यह मैगमा पृथ्वी की पपड़ी के नीचे ठोस पत्थर से दबा रहता है । जब यह पृथ्वी से बाहर निकलता है तो इसे **लावा** की संज्ञा दी जाती है ।

सामान्यतया मैगमा में अत्यधिक प्राकृतिक गैसें होती हैं, जैसे जल-वाष्प (H_2O), हाइड्रोजन (H_2), कार्वन-मोनोक्साइड (CO), कार्वन-डाइआक्साइड (CO_2), हाइड्रोजन सल्फाइड (H_2S), सल्फर-डाइ-आक्साइड (SO_2), सल्फर-ट्राइ आक्साइड (SO_3), क्लोरीन (Cl_2) और विभिन्न अनुपातों में हाइड्रो-क्लोरिक एसिड (HCl) । अधिकांश भाग तो अत्यधिक गर्म भाप होता है । गैसें चलती रहती हैं और अपने संचलन एवं संवहन से गाढ़े तरल पदार्थ में वुलवुले उठाती रहती हैं और हमेशा बाहर निकलने की कोशिश करती रहती हैं । मैगमा गैस किसी भी समय फूट कर बाहर निकल सकती है, किन्तु इसके लिए कुछ जगह चाहिए । पृथ्वी की पपड़ी में दरार पड़ जाने से या पत्थर

के स्थान-परिवर्तन से जब कोई जगह खाली पड़ जाती है तो उसमें मैगमा बह आता है। मैगमा में मौजूद गैस का विस्तार होता है औरवह जगह पूर्णरूप से भर जाती है। वस्तुतः मैगमा का संचलन ही ज्वालामुखी के विस्फोट की शुरुआत है। प्रायः पपड़ी में दरार पड़ जाने से या कवच में पत्थरों की परतों में हरकत से या अन्य कारणों से कोटर बन जाते हैं और निकटस्थ मैगमा उसमें भर आता है। पृथ्वी के इस संचलन से बहुधा भूकम्प आ जाते है। यदि भूकम्प से पृथ्वी में दरार पड़ गयी और वह दरार पपड़ी को पार करके पृथ्वी की सतह पर निकल आयी तो मैगमा इस दरार से बहुत जोर-शोर से ऊपर निकल भागता है और गैस तथा भाप के साथ बहुत ऊँचा उठता है। यदि उसके बाहर निकलने में जोर-शोर नहीं हुआ तो प्रचण्ड विस्फोट नहीं होता और मैगमा बाढ़ की नदी की तरह केवल बह निकलता है और जमीन पर फैल जाता है। जमीन पर फैला हुआ यह मैगमा लावा कहलाता है।

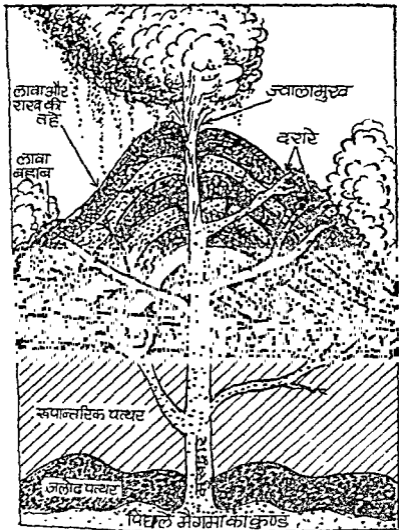
पिघले पत्थर के फूट निकलने के तरीके कई हो सकते हैं। सामान्य ज्वालामुखी में लावा बहुत पतले तरल पदार्थ के रूप में होता है और वह तेजी से बहता है। इस प्रकार के लावे से संसार के कुछ पठार और

मैदान बने हैं जब लावा निकलकर सैकड़ों मीटर तक परत पर परत जमता चला गया है।

पृथ्वी की पपड़ी में पड़ी दरारों से मैगमा ऊपर फूटता है और बाढ़ के पानी की तरह सतह से निकलता है। लावा बार-बार निकलता है और पहले निकले तथा ठोस हो गये लावे पर बहता है। यह क्रम इसी प्रकार चलता रहता है जब तक कि सैकड़ों मीटर ऊँचा पठार नहीं बन जाता। भारत के दक्षिणी पठार का निर्माण इसी प्रकार हुआ है।

पठार या मैदान ज्वालामुखी के विस्फोट से बनता अवश्य है किन्तु वह स्वयं ज्वालामुखी नहीं है। ज्वालामुखी या तो उस पहाड़ को कह सकते हैं जो पृथ्वी के सूराख से निकले हुए लावे से बनता है या उस सूराख को ही कह सकते हैं जिससे लावा बाहर निकलता है। सामान्यतया ज्वालामुखी एकाकी पहाड़ होता है।

अधिकतर लोग ज्वालामुखी को शंकु रूप पहाड़ समझते हैं। वास्तव में इसके अतिरिक्त अन्य प्रकार के भी ज्वालामुखी होते हैं। कुछ ज्वालामुखी बड़े होते हैं, कुछ छोटे, कुछ प्रचण्ड और कुछ ऐसे मन्द कि उनमें से लावा टपकता रहता है। कभी-कभी एक ही ज्वालामुखी

चित्र-3 : ज्वालामुखी का विस्फोट

[पृथ्वी की सतह पर निकलते हुए मैगमा का तापक्रम लगभग 1200°C है। निकलती हुई गैस के दबाव के कारण लावा बहुत ऊँचा उठ रहा है।]

कभी प्रचण्ड और कभी मन्द हो जाता है। वस्तुतः ज्वालामुखी तीन प्रकार के होते हैं :

1. ढाल-ज्वालामुखी,
2. अंगार-राख ज्वालामुखी,
3. स्तरीय या मिश्रित ज्वालामुखी।

ढाल-ज्वालामुखी : इसका निर्माण उसी प्रकार होता है जैसे लावा पठार का। पहले पृथ्वी की दरारों से तरल लावा निकलता है और सतह पर पिघले पत्थर की परतों में वह चलता है। धीरे-धीरे ये परतें केन्द्रीय सूराख या सूराखों के चारों ओर जमा होती जाती हैं और लावे का एक बड़ा गुम्बद बन जाता है। इसकी शक्ल उलटी रखी तश्तरी या ढाल की तरह होती है। इसी कारण इसको ढाल-ज्वालामुखी कहते है। ऐसे ज्वालामुखी बहुत बड़े आकार के हो सकते हैं। हवाई टापू इसी प्रकार के ढाल-ज्वालामुखी हैं। उत्तर-पूर्वी कैलीफोरनिया और ओरजन के कुछ भागों में भी ढाल-ज्वालामुखी हैं। आइसलैंड में भी छोटे ढाल-ज्वालामुखी हैं। .

अंगार-राख ज्वालामुखी : मैगमा में गैस की मात्रा घट-बढ़ सकती है। अगर गैस की मात्रा अधिक

होगी तो मैगमा जोर से ओर तेजी से फूट निकलेगा। ऐसी दशा में मैगमा तुरन्त लावे के रूप में नहीं बहता बल्कि सूराख से गोलों और कीचड़ के रूप में जोर-शोर

चित्र 4 : अंगार-राख शंकु ज्वालामुखी

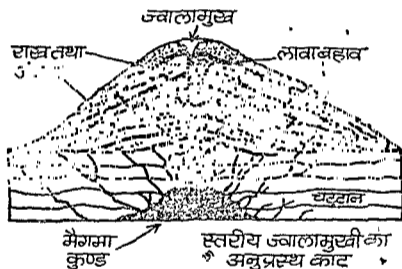
से फूटता है या फिर फेना की तरह लावा बहता है। जैसे ही लावा पृथ्वी पर गिरता है वह बहुत जल्दी ठंडा पड़

जाता है और सूराख के चारों तरफ एक शंकु बनता जाता है। यह शंकु बहुत शीघ्रता से बढ़ता जाता है किन्तु कम अवधि तक ही यह इस प्रकार बढ़ता है। मेक्सिको का पारीकुटीन ज्वालामुखी 9 वर्ष तक सक्रिय रहा किन्तु कुछ ही समय में वह लगभग 460 मीटर ऊँचा चिकना पहाड़ हो गया। इसके ऊपर इसका मुख है। इस प्रकार के अंगार-राख ज्वालामुखी में शंकु तो अंगार-राख का बनता है और लावा नीचे बहता जाता है। एरीजोना में 'सनसेट क्रेटर' ऐसा ही ज्वालामुखी है।

स्तरीय या मिश्रित ज्वालामुखी : इस प्रकार के ज्वालामुखी लावे के बहते रहने और अंगार-राख के ढेर लगते रहने से बनते हैं। ऐसे ज्वालामुखी में कई प्रकार के विस्फोट होते हैं। उदाहरणार्थ, पहले ढाल ज्वालामुखी की तरह विस्फोट होता है, तरल लावा बहता है, दूसरी बार अंगार-राख ज्वालामुखी की तरह विस्फोट होता है और अंगार तथा राख के ढेर बढ़ते जाते हैं। लावे की परत पर राख की परत, फिर लावा और राख की परत चढ़ती जाती है। इस प्रकार स्तरीय ज्वालामुखी का निर्माण होता है। इसमें अनेक परतें या तहें होती हैं। ज्वालामुखी के प्रचण्ड रूप से फूटने पर

ही ऐसा होता है। फिलीपाइन्स में मयान और जापान में फूजेयामा इसी प्रकार के ज्वालामुखी पहाड़ हैं। ये चोटी के पास बिल्कुल खड़ी चट्टान की तरह होते हैं जो नीचे ढालू होते जाते हैं।

चित्र-5

ज्वालामुख
राख तथा
लावा बहाव
चट्टान
मैगमा कुण्ड
स्तरीय ज्वालामुखी का अनुप्रस्थ काट

ज्वालामुखी का विस्फोट कैसा होता है इसी पर उसकी किस्म निर्भर करती है। किसी-किसी ज्वालामुखी में तो बराबर एक ही प्रकार का लावा एक ही रफ्तार से निकलता रहता है।

यह भी देखा गया है कि कभी-कभी ऐसे ज्वालामुखी

में जो पहले ढाल ज्वालामुखी थे और जिनमें अक्सर विस्फोट हुआ करता था, विस्फोट कम हो गये और उनमें से गाढ़ा लावा निकलने लगा जो ढाल ज्वालामुखी के ऊपर वहने लगा। फलत: मूल ज्वालामुखी पर कई परतें चढ़ गयीं और वह स्तरीय या मिश्रित ज्वालामुखी में परिवर्तित हो गया। यह भी देखा गया है कि जब पृथ्वी के अन्दर गैस के दबाव की कमी से लावा ज्वालामुख पर नहीं पहुँच पाता तो वह मुख से नीचे बगल में दरारें कर देता है और उनमें से लावा निकलने लगता है। ज्वालामुखी तब शंकु ज्वालामुखी हो जाता है। माउंट पेली इसी प्रकार ढाल ज्वालामुखी से परिवर्तित होकर शंकु ज्वालामुखी हो गया था।

किसी पुराने ज्वालामुखी के विस्फोट से उसकी आयु का अनुमान नहीं लगाया जा सकता। उदाहरणार्थ, स्ट्रामबोली बहुत पुराना ज्वालामुखी है जो हजारों वर्षो से लगातार फूटता रहा है। भूवैज्ञानिकों का कहना है कि पारीकुटीन का विस्फोट पहले स्ट्रामबोली की ही तरह था यद्यपि उसका विस्फोट उतना प्रचण्ड नहीं था।

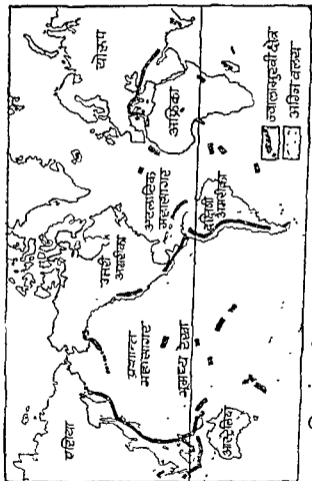
पृथ्वी पर प्राचीनतम सक्रिय ज्वालामुखी पहाड़ हवाई ज्वालामुखी है। करोड़ों वर्षों में इसका आकार

आज जैसा हो पाया है। इसलिए यह नहीं कहा जा सकता कि जो ज्वालामुखी धीरे-धीरे फटते हैं या फूटते रहते हैं वे नये ज्वालामुखी पहाड़ हैं और जो प्रचण्ड रूप से फटते हैं वे पुराने ज्वालामुखी पहाड़ हैं।

संसार में लगभग 500 सक्रिय ज्वालामुखी पहाड़ हैं। किसी एक समय इनमें से कुछ ही में विस्फोट होता है। कदाचित एक वर्ष में 20-30 ज्वालामुखी विस्फोटित होते हैं। अलवत्ता, स्ट्रामबोली और हवाई के ज्वालामुखी निरन्तर विस्फोट अवस्था में रहते हैं। अधिकांश ज्वालामुखी विस्फोट के बाद प्रसुप्त रहते हैं। विस्फोट-अवधि प्रसुप्तावधि की अपेक्षा बहुत कम होती है। ऐसा ज्वालामुखी जो 'ऐतिहासिक काल' में विस्फोटित नहीं हुआ है, वुझा हुआ ज्वालामुखी समझा जाता है।

आस्ट्रेलिया को छोड़कर हर महाद्वीप में ज्वालामुखी पहाड़ हैं। ज्वालामुखी समुद्र में भी विस्फोटित होते हैं और तब ज्वालामुखी टापू उभर आता है, जैसे अटलांटिक महासागर में Tristan da cunha और प्रशांत महासागर में हवाई टापू।

आज के बहुत से सक्रिय ज्वालामुखी पहाड़ दो बड़ी मेखलाओं में पाये जाते हैं। एक मेखला प्रशांत महासागर के चारों ओर है। इसे अग्निवलय (ring of fire)

कहते हैं। दूसरी मेखला इण्डोनेशिया से भूमध्यसागर तक पूर्व-पश्चिम में फैली है। इन्हीं दोनों मेखलाओं में भूकम्प भी आते हैं। दोनों मेखलाओं के अतिरिक्त प्रशांत

चित्र-6 : संसार का नक्शा जिसमें अग्निवलय और अन्य ज्वालामुखी क्षेत्र प्रदर्शित है।

महासागर में समोआ और हवाई में, हिन्द महासागर में, रयूनियन टापू में, अटलांटिक में आइसलैंड, अर्जोस, Tristan da cunha में, पूर्वी अफ्रीका में सक्रिय ज्वालामुखी पहाड़ हैं। दक्षिण ध्रुव प्रदेश में माउण्ट एरेबस भी सक्रिय ज्वालामुखी है।

2

पठार और टापू-निर्माण

विस्फोट से और मैगमा के फूट पड़ने से बड़े और छोटे शंकु तो बनते ही हैं, लावा पठार, ज्वालामुखी कुण्ड और ढाल या गुम्बज भी बन जाते हैं।

लावा की सख्त पपड़ी की परतों से लावा पठार का निर्माण होता है। गर्म लावा बहकर पत्थर में बदल जाता है। सख्त पड़ गई इस सतह पर और लावा बहकर जमा हो जाता है। यह भी बाद में सख्त पड़ जाता है। इस प्रकार परत पर परत पड़ती रहने से पठार धीरे-धीरे बनता जाता है। एक ऊँचा पठार बनाने में लावे को सैकड़ों वर्ष लग जाते हैं। पठार-निर्माण लावे के बहने का परिणाम है न कि विस्फोट का। जब पृथ्वी में गैस इतनी मात्रा में नहीं होती कि पिघले पत्थर

का प्रचण्ड विस्फोट हो सके तो लावा लगातार धीमे-धीमे वहता रहता है और जमीन पर फैलता रहता है। यदि अधिक समय तक लावा इस प्रकार बहता है तो जमीन पर उसकी मोटी परतें जमती जाती हैं और लावा दूर तक फैलता जाता है। ज्वालामुखी विज्ञानियों ने ओरगान, वाशिंगटन, दक्षिणी इदाहो, मानटाना, नेवादा और कैलीफोरनिया के अधिकांश भाग पर लावा पत्थर वहने का प्रमाण पाया है। आइसलैंड लावे की बाढ़ से बना। इस पठार का क्षेत्रफल लगभग 3,20,000 वर्ग किलोमीटर है। लावे की परत लगभग 2770 मीटर मोटी है। उत्तर-पश्चिम संयुक्त राष्ट्र अमेरिका में कोलम्बिया पठार का भी इसी प्रकार निर्माण हुआ। यहाँ लावा-पत्थर की मोटाई लगभग 155 मीटर है। पठार का क्षेत्रफल लगभग 1,60,000 वर्ग किलोमीटर है। भारत का दक्षिणी पठार इसी प्रकार निर्मित हुआ।

पहले लावा धीरे-धीरे बहकर जमीन पर फैल जाता है, उसके बाद विस्फोट होता है। अमेरिका में पश्चिमी लावा पठारों पर इस प्रकार के सैकड़ों राख-शंकु और बड़े-बड़े शंकु उठ आये हैं। माउण्ट माज़मा लावा पठार पर उठा हुआ एक ज्वालामुखी शंकु है। अनेक

विस्फोटों के कारण और ज्वालामुखी के दोनों ओर पड़ा दरारों से लावा बहने के कारण इसकी उत्पत्ति हुई थी। विस्फोट में राख, आग्नेय पदार्थ और झाँवा निकले। झाँवा इतना हल्का होता है कि वह पानी में तैर सकता है।

कोई नहीं जानता कि लावा पठार के ऊपर कितने वर्षों तक माउण्ट माज़मा उठा रहा। अलबत्ता, ज्वालामुखी विज्ञानी इतना अवश्य जानते हैं कि हज़ारों वर्ष पूर्व माज़मा कई बार विस्फोटित हुआ और प्रचण्ड रूप से हुआ। हर विस्फोट के साथ सफेद गैस और भाप के बादल हवा में उठे। राख, आग्नेय पत्थर और झाँवा हवा में बहुत ऊँचाई तक उड़े और गिरकर सैकड़ों किलोमीटर जमीन को बुरी तरह ढक लिया। माउण्ट माजमा के दोनों ओर दरारें पड़ गयीं। ज्वालामुख के नीचे दरारों से निकलकर मैगमा फैल गया और ज्वालामुखी पहाड़ की चोटी एक प्रकार से आधारहीन हो गई। ज्वालामुखी कमज़ोर हो गया। फलस्वरूप पूरा दरारयुक्त पहाड़ मैगमा-प्रकोष्ठ में ढह गया। बड़ा भारी गड्ढा बन गया। गड्ढा ज्वालामुख-कुण्ड हो गया। यह कुण्ड कई किलोमीटर चौड़ा हो गया। सैकड़ों वर्ष बीते। माजमा ज्वालामुख कुण्ड वर्षा के पानी और पिघली

बर्फ से भर गया। अन्तत: कुण्ड के पेंदे में पपड़ी चिटक गयी। पानी के नीचे एक नया ज्वालामुखी निर्मित हो गया। फिर बहुत-से वर्ष बीते। नया ज्वालामुखी ऊपर उठता गया और उसका सिरा पानी की सतह से ऊपर उठ आया। कुण्ड के भीतर दो और छोटे-छोटे ज्वालामुखी विस्फोटित हो गये। वे आज भी पानी में हैं। माजमा-कुण्ड में क्रेटर लेक झील बन गई। इसकी गणना संसार की 6 बड़ी झीलों में होती है। ज्वालामुख 9 किलोमीटर चौड़ा और 32 किलोमीटर लम्बा हो गया।

सहस्रों वर्ष हुए, प्रशांत महासागर के तल में पृथ्वी की पपड़ी में लगभग 1600 किलोमीटर लम्बी दरार पड़ गई। दरार से निकले हुए लावे ने गुम्बद का रूप ले लिया। पानी के नीचे गुम्बद की ऊँचाई बढ़ती गई। अन्तत: लावा प्रशान्त महासागर की सतह से ऊपर उठ गया। धीरे-धीरे एक टापू निर्मित होता गया। वह बढ़ा, अन्य गुम्बद भी बढ़कर महासागर की सतह के ऊपर उठ आये। अन्तत: 20 गुम्बदों ने हवाई टापू को जन्म दे दिया।

आज भी टापू में लावा धीरे-धीरे उबलता है। हवाई टापू वस्तुत: ज्वालामुखी है जो प्रशांत महासागर

के तल में पड़ी दरारों से ऊपर उठ आये हैं। अधिकतर ज्वालामुखी महासागर के निकट, जहाँ पृथ्वी की पपड़ी कमज़ोर होती है, महाद्वीप में होते है। प्रशान्त महासागर ज्वालामुखी क्षेत्रों से घिरा हुआ है।

3

ज्वालामुखी लावा

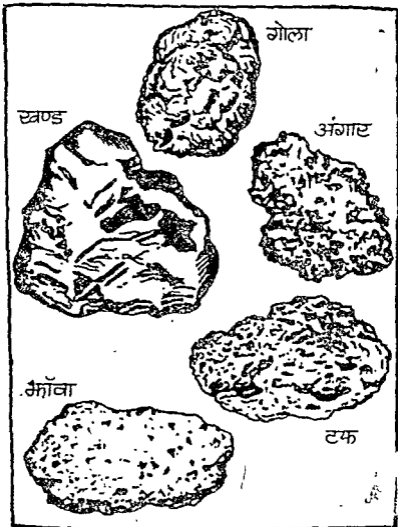
पृथ्वी की सतह पर मैगमा फूट निकलने से ही ज्वाला-मुखी विस्फोटित होता है। जैसे ही मैगमा पृथ्वी की सतह पर पहुँचता है वह लावा हो जाता है। लावा पिघले हुए उस पदार्थ को कहते हैं जो पृथ्वी की सतह पर ज्वालामुख से निकल कर बह आता है। लावा उस पदार्थ को भी कहते हैं जो मैगमा के बहने पर ठंडा होकर सख्त और ठोस हो जाता है।

पिघला पत्थर ठंडा होने पर रवे में परिवर्तित हो जाता है। यदि पिघला पत्थर धीरे-धीरे ठंडा पड़ता है तो एक इंच तक लम्बे रवे बन जाते हैं, और यदि वह जल्दी ठंडा पड़ता है तो रवे बहुत छोटे होते है, और अगर बहुत जल्दी वह ठंडा पड़ता है तो रवे बिल्कुल

नहीं बनते । इस दशा में मैगमा जम कर सख्त पड़ जाता है और कांच बन जाता है। इस प्राकृतिक कांच को आग्नेय कांच (Obsidian) कहते हैं। लावा में सामान्यतया कांच या रवा या कांच और रवा दोनों होते हैं।

कभी-कभी ज्वालामुख से लावा धीमे-धीमे चश्मे की तरह बहता रहता है। उसे लावा बहाव कहते है। कभी-कभी गैस की उपस्थिति के कारण विस्फोट प्रचण्ड होता है। सूराख से निकलती गैस अपने साथ पत्थर ले आती है। ऐसे कुछ पत्थर ठोस होते हैं और कुछ तरल। पत्थर हवा में फिक जाते हैं। पिघला पत्थर कड़ा हो जाता है और सभी ठोस सख्त पत्थर पृथ्वी पर गिर पड़ते है। इन पत्थरों को तापखण्ड (*Pyroclastic*), वे पत्थर जो अग्नि से टूट गये है, या टेफरा (Tephra) कहते हैं। कुछ तापखण्ड ऐसे पत्थर होते हैं जो पृथ्वी की पपड़ी से या ज्वालामुखी के अन्दर से विस्फोट में उखड़ जाते हैं। तरल लावा गैस से अलग होकर प्रायः हवा में ही जम जाता है। इस किस्म के लावे के कई रूप हो सकते हैं :

लावे के कुछ टुकड़े हवा में उड़ते समय गोलाकार हो जाते है। उन्हें गोला (बम) कहते है। जो टुकड़े नुकीले हो जाते हैं उन्हें खण्ड (ब्लाक) कहते है। कभी-

चित्र-7 : लावे के विभिन्न रूप

कभी तरल लावा मौजूद गैस के कारण फेना का रूप ले लेता है, उसे अंगार (सिंडर) कहते हैं। अगर वह ज्यादा फूला होता है तो उसे झाँवा (प्यूनिस) कहते हैं। दवाव के एकवारगी कम हो जाने से गाढ़े लावे में फेना उठता है और वुलवुले उठते हैं जो निकल नहीं पाते। सामान्यतया झाँवा सिलिकन-युक्त लावे में वनता है। यह इतना हल्का होता है कि पानी में तैर सकता है।

पत्थर के कुछ टुकड़े बालू के कण के समान छोटे होते हैं। इन्हें राख कहते हैं। राख उस समय बनती है जब गैस तरल लावे के टुकड़े-टुकड़े कर देती है। जब राख पानी से जम जाती है तो उसे 'टफ' कहते हैं। अगर टुकड़े वहुत बारीक होते हैं तो उन्हें 'धूल' की संज्ञा दी जाती है। प्रचण्ड विस्फोट में ज्वालामुखी धूल हवा में वहुत ऊँचे उठती है। यह धूल हवा में वर्षो टिकी रह सकती है और संसार का चक्कर लगा सकती है। उदाहरणार्थ, सन् 1783 में दो ज्वालामुखियों में प्रचण्ड विस्फोट हुए। एक ज्वालामुखी जापान में था और एक आइसलैंड में। इन विस्फोटों से जो धूल उड़ी वह इतनी मोटी थी कि सूर्य की गर्मी उसमें जज्ब हो गयी। फलतः सन् 1783-84 में उत्तरी अमेरिका और

योरुप में शीत ऋतु में अत्यधिक ठंड पड़ी।

वर्ष 1963 की वसन्त ऋतु में इंडोनेशिया के वाली टापू में एक ज्वालामुखी विस्फोटित हुआ। इसकी धूल संसार का चक्कर काटती रही। इससे सूर्यास्त लाल हो गया था।

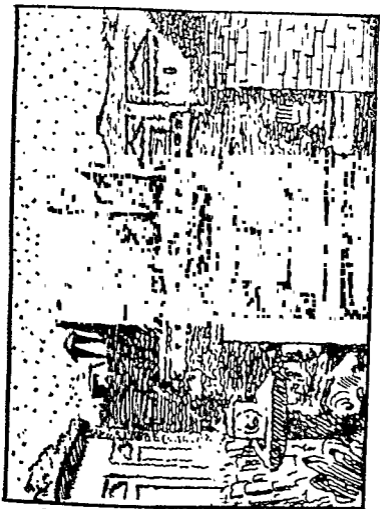
इस प्रकार की धूल अन्ततः पृथ्वी पर वैठ जाती है।

4

प्रसिद्ध विस्फोट और विध्वंस-लीला

ज्वालामुखी के सबसे भयानक और विध्वंसक विस्फोटों में कीचड़ और राख के बहाव होते हैं। ऐसे विस्फोटों में जीवन और सम्पत्ति की, जान और माल की बड़ी क्षति होती है।

इण्डोनेशिया में इसी प्रकार के विस्फोट से बहुत-सी जानें गयीं। सन् 1815 में नम्बोरा विस्फोट में 12,000 व्यक्तियों की मृत्यु हुई और विस्फोट के बाद जो बीमारियाँ फैलीं और अकाल पड़ा उसमें 70,000 व्यक्ति सुरधाम सिधारे।

सन् 79 में अचानक वेसूवियस में प्रचण्ड विस्फोट हुए। रोमन वेसूवियस को एक बुझा हुआ ज्वालामुखी समझते थे और वे समझते थे कि अब वेसूवियस कभी

भी विस्फोटित न होगा। हजारों वर्षों से उसमें कोई विस्फोट नहीं हुआ था और न विस्फोट के कोई चिह्न दृष्टिगोचर थे। पाम्पेई का बड़ा विकास किया गया था। अंगूर की बेल, साग-सब्जी, फल-फूल से पाम्पेई हरा-भरा था। सुन्दर घर निर्मित किये गए थे। यह एक बड़ा रोमन व्यापारिक केन्द्र बन गया था। सन् 63 में वहाँ भूकम्प आया। बाद में 16 वर्षों तक छुटपुट भूकम्प आते रहे किन्तु किसी को लेशमात्र यह आभास न था कि विस्फोट होने वाला है। और फिर जब 24 अगस्त, 79 के मध्याह्न में विस्फोट हुआ तो सब अचंभित रह गये। विस्फोट से गैस और लावे के बादल आकाश में इस तरह छा गये मानो देवदार के पेड़ खड़े हों। पाम्पेई और आवासिक नगर हरकुलानियम कीचड़ और राख से ढक गये, जीवन और सम्पत्ति सब नष्ट हो गयी। उनका नामोनिशान नहीं रहा।

1700 वर्षों बाद खुदाई में इन नगरों को दबा पाया गया। हाल की खुदाई से यह भी मालूम हुआ कि पाम्पेई और हरकुलानियम के अतिरिक्त कई छोटे-मोटे नगर विस्फोट की चपेट में आ गये थे और बिल्कुल नष्ट हो गए थे। विस्फोट में पहले झाँवा की

चित्र-8 (ख): पाम्पेई की सड़कों पर दुकानों के भग्नावशेष

वर्षा हुई, फिर राख गिरी जो वर्षों बाद टफ की एक बड़ी परत में परिवर्तित हो गयी। हरकुलानियम तो कीचड़ के वहाव में ही दब गया। विस्फोट में माउंट

चित्र-9 : जिस कीचड़ बहाव के नीचे हेराकुलानियम दब गया था, उसी पर पुल के निकट मकान बनाया गया है। इसके नीचे के भग्नावशेष वर्ष 1700 और उसके बाद की खुदाई में दिखाई पड़े।

वेसूवियस के ऊपरी ढाल झाँवों और लावे से पूरी तरह ढक गये थे। सन् 79 के बाद कई बार वेसूवियस में विस्फोट हुआ।

सन् 1036 में वेसूवियस से फिर लावा टपकने लगा। प्रति कुछ वर्षों बाद लावा निकलता था, फिर बन्द हो जाता था। सन् 1904 और फिर 1905 में पहाड़ के किनारे दरारों से लावा बहने लगा। अप्रैल 4, 5 और 6, 1906 को पहाड़ के दक्षिणी ओर नये ज्वालामुख फूट पड़े और नया लावा निकलने लगा। पहले चोटी से करीब 155 मीटर नीचे से, फिर करीब 400 मीटर और नीचे से और उसके बाद लगभग 184 मीटर और नीचे से लावा धीरे-धीरे बहने लगा। खेतों और मकानों को काफी क्षति पहुँची। 7 अप्रैल को ज्वालामुख से भाप के बादल निकले जो आकाश में चार मील ऊँचे उड़े। राख निकटवर्ती गाँवों पर पड़ी और वे क्षतिग्रस्त हुए। दो सप्ताह तक पहाड़ के भीतर विस्फोट सुनाई पड़े। धीरे-धीरे ज्वालामुखी शान्त हो गया।

सन् 1944 में, जब योरुप में द्वितीय विश्वयुद्ध चल रहा था, वेसूवियस में फिर भयंकर विस्फोट हुआ। इस बार अत्यधिक मात्रा में लावा, धूल और

राख वह निकली। उसके बाद वेसूवियस फिर शांत हो गया।

भूमध्यसागरीय टापू थेरा में ईसा पूर्व 1470 में

भयंकर विस्फोट हुआ था जिसके फलस्वरूप वहाँ की पूरी संस्कृति ही नष्ट हो गयी थी। पूरा टापू ध्वंस

हो गया था और समुद्री पानी का 125 वर्ग किलो-मीटर का एक कुण्ड बन गया था। इस जल-प्रलय से वैभव-सम्पन्न मिनोन क्रेट संस्कृति नष्ट हो गयी थी। क्रेट के विनाश का कारण गाढ़ी राख की वर्षा और बाढ़ थी। ग्रीक की कथाओं में इस विध्वंस-लीला का उल्लेख है। बीसवीं शताब्दी की पुरातत्वीय खुदाई से इस विनाश का पता चलता है।

ईसा पूर्व वर्ष 590 में तुथमोसिस तृतीय के शासन काल में ग्रीक यात्री सोलन को निजी इतिहासकारों से इस संस्कृति के विनाश का विवरण मिला था।

वर्ष 1883 के 27 अगस्त को काकाटोआ में जो विस्फोट हुआ था उसकी आवाज 4,700 किलोमीटर तक सुनी गई थी। चेरीवान तक विस्फोट की राख गिरी थी। समुद्री लहरें पूरे संसार का चक्कर काटती रही थीं। हवा में राख के फैलने से सूर्यास्त का दृश्य लन्दन में लोगों ने देखा था। महीनों तक झाँवा के टापू-महा-सागर में तैरते रहे थे। पानी की लहरें 35 मीटर की ऊँचाई तक उठती रही थी। 36,000 से अधिक लोगों की जानें गयी थीं। ये लहरें जावा और सुमात्रा के तटों तक फैल गयी थीं और 300 नगर और गाँव क्षतिग्रस्त हो गए थे। राख के बादल से अँधेरा छा गया था।

विस्फोट की लपटें बटेविया तक दिखायी पड़ती थीं और वहाँ तक पत्थर गिरे थे। अंजेर और सेरांग के

चित्र-11 : नोवारुप्ता (कटमई) विस्फोट से उठे धुएँ के बादल

बीच कितने ही पुल नष्ट हो गए थे और कितने ही गाँव बह गये थे।

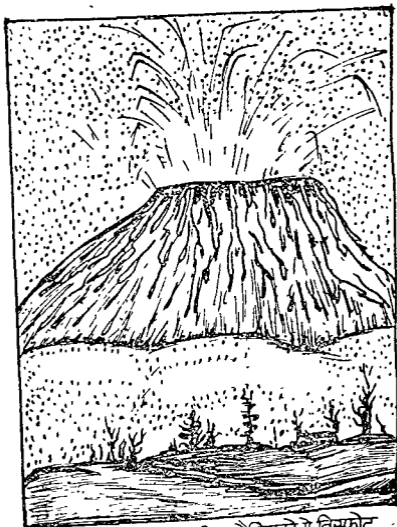
अलास्का में कटमई ज्वालामुखी के निकट 8 जून,

1912 को विस्फोट की आवाज 950 किलोमीटर दूर तक सुनाई पड़ी थी। गर्म राख की 200 मीटर मोटी परत से पूरी घाटी ढक गयी थी। वर्षों तक राख गर्म बनी रही। अनेक स्थानों पर वाष्पमुखों से गर्म पानी फूट निकला और पूरा स्थान 'दस सहस्र धुआँ घाटी' के रूप में प्रसिद्ध हो गया। कटमई कैलीफोरनिया के सैनफ्रेंसिसको के कुछ पश्चिम में करीब 38 किलोमीटर पर है और वहाँ से अलास्का से विमान मार्ग की दूरी करीब 320 किलोमीटर है। कोडिआक की बस्ती मे, जो लगभग 256 किलोमीटर दूर थी, दो दिनों तक अँधियारा छाया रहा। यह विस्फोट स्वयं ज्वालामुखी कटमई में नहीं हुआ था बलिक 16 किलोमीटर दूर उसके किनारों में पड़ी दरार से हुआ था और वहाँ एक नया ज्वालामुखी नोवारुप्ता बन गया। इस विस्फोट में मैंगमा के हट जाने से कटमई चोटी में दरार पड़ गयी और वह धसक गयी, फलस्वरूप एक कुण्ड 9 किलोमीटर चौड़ा और 800 मीटर गहरा बन गया।

वर्ष 1902 की 8 मई को प्रातः 7.30 बजे माउंट पेली के निकट विस्फोट से कुछ सेकंडों में सेंट पियरे का पूरा नगर उसके 3000 निवासियों के साथ नष्ट हो गया। ज्वालामुखी से गैस और राख 25 अगस्त, 1902

चित्र-12 : माउंट पेली के निकट विस्फोट से उठा धुएँ का बादल

से निकल रही थी और सड़कों पर जहरीली गैस के प्रभाव से जानवर मरकर गिर रहे थे। चूँकि नगर में कोई महत्वपूर्ण चुनाव होने वाले थे, इसलिए उसे खाली नहीं कराया गया था। ज्वालामुखी से 5, 6 और 7 मई को जो कीचड़-वहाव हुआ वह निकटवर्ती क्षेत्रों में फैल गया। ज्वालामुख से 8 मई को भयंकर लपटें निकलीं और गैस निकली। इससे सेंट पियरे का पूरा नगर ढक गया। ये बादल समुद्र तक फैल गए। गर्म गैस और राख (Riverie Blanche) से अवरुद्ध हो गया। विस्फोट के एक सप्ताह बाद तक धुआँ उठता रहा। बाद के महीनों में गर्म गैस और राख के बादल उठते रहे। सन् 1902-3 में विस्फोट के फलस्वरूप ज्वालामुखी की चोटी पर राख आदि जमा होने से एक गुम्बद बन गया।

मैक्सिको के एक फार्म में कई वर्षों से एक गड्ढा होता जाता था जिसे किसान डाइओनीसिओ पालीडो भर दिया करता था। किन्तु 20 फरवरी, 1943 को 4 बजे सायंकाल उसी गड्ढे में एक बड़ी दरार पड़ गयी और उसमें से धुआँ तथा राख निकलने लगी। बाद में लावा निकलने लगा। तुरन्त बाद ज़मीन में गड़गड़ाहट सुनाई पड़ने लगी। एक धमाका हुआ और

चित्र-13 : पाराकुटीन, मैक्सिको में विस्फोट

दबगये। केवल गिरजाघर का कुछ भाग बचा जिससे मालूम हुआ कि यहा पहले सघन आबादी रही होगी।

जमीन में एक बड़ा छेद हो गया। उसमें से धुएँ के साथ-साथ पत्थर निकलने लगे और धुएँ के साथ ऊपर उड़ने लगे। काले पत्थर और राख का ढेर जमा होने लगा। देखते-देखते यह ढेर बड़ा होता गया और धमाके बढ़ते गए। जैसे-जैसे ढेर ऊपर उठता जाता था, पत्थर की वर्षा बढ़ती जाती थी और अंगारों की तरह वे चमकते जाते थे। सुबह तक यह ढेर 62 मीटर ऊँचा शंकु बन गया था। एक सप्ताह बाद गाढ़ा लावा निकलना शुरू हुआ। भाप और धुएँ के बादल छा गए। पहले लावा कुछ ठंडा था। बाद में गर्म और फिर अत्यधिक गर्म लावा निकलने लगा। पूरा फार्म लावे से ढक गया। यही नहीं, लावा बहकर आसपास के जंगल में फैल गया। ज्वालामुख से पत्थर लगभग 925 मीटर ऊँचे उठते थे। भूकम्प आया। इस बीच शंकु आधा किलोमीटर ऊँचा हो गया। इस ज्वालामुखी का नाम पाराकुटीन के नाम पर पड़ गया। पूरा गाँव नष्ट हो गया। शंकु के नीचे एक दरार पड़ गयी और उसमें से भी पत्थर निकलने लगे। ज्वालामुखी बड़ा हो गया, गर्म लावा लगातार बहने लगा। सानजुआन नगर भी समाप्त हो गया। मकान और इमारतें ढह गयीं। पहली मार्च 1952 को लावा निकलना बन्द हो गया। इसमें

विस्फोट 9 वर्ष तक जारी रहा। इस अवधि में शंकु की ऊँचाई बढ़कर 50 मीटर हो गयी। राख की तह 160 वर्ग किलोमीटर तक जम गयी। कहीं-कही यह तह 92 मीटर मोटी थी।

सिसली में माउंट एटना के 1971 के विस्फोट में अंगूर की बेलें, सड़कें, मकान आदि लावे से ढक गये थे, सारी खेती-बाड़ी नष्ट हो गयी थी।

वर्ष 1951 में माउण्ट में प्रचण्ड विस्फोट से 2000 व्यक्ति मारे गये थे। माउण्ट लैमिंगटन पोर्ट मारेसबाई के उत्तर-पूर्व लगभग 128 किलोमीटर की दूरी पर है। यह एक प्राचीन ज्वालामुखी पहाड़ था और लोग इसे बुझा हुआ समझते थे। लेकिन सन् 1950 के अन्त में भूकम्प आये और ज्वालामुख से भाप निकलने लगी। कुछ दिन बाद तीव्र भूकम्प आने लगे। कुछ लोगों ने बस्ती खाली कर दी और कुछ लोग वहीं रहे। 21 जनवरी, 1951 को प्रातः इतना प्रचण्ड विस्फोट हुआ कि कुछ ही मिनटों में पहाड़ के सैकड़ों वर्ग किलोमीटर तक गाढ़ी राख की तह जम गयी। ज्वालामुखी से 16 किलोमीटर दूर हिगाटुरा बिल्कुल मिट गया। इसके आगे डेढ़ किलोमीटर दूर संगारा में गर्म लावे के काले बादल छा गए, आँधी आ गयी और

2000 व्यक्ति मर गए। लपटें 11-12 किलोमीटर ऊँची उठती रहीं। अनुमान है कि गाढ़ी राख और आग्नेय पत्थर तथा गर्म गैस के बादल प्रति मिनट 6 किलोमीटर की रफ्तार से चलते थे।

5

ज्वालामुखी की उपयोगिता

ऐसा नहीं है कि ज्वालामुखी से केवल क्षति ही क्षति होती है और वे विनाशकारी मात्र हैं। यदि उनसे जीवन और सम्पत्ति की क्षति होती है तो किसी सीमा तक उनसे लाभ भी उठाया जा सकता है। ज्वालामुखी ही पठार (जैसे भारत का दक्षिणी पठार) के निर्माण के उत्तरदायी होते हैं। ज्वालामुखी ही के कारण टापुओं की उत्पत्ति होती है जैसे आइसलैंड में हवाई टापू। कोरल टापुओं के लिए चबूतरा निर्माण का श्रेय ज्वालामुखी ही को है।

ज्वालामुखी से भूमि की उर्वरता बढ़ती है। ज्वालामुखी की मामूली राख की परत जमीन को उपजाऊ बनाती है। ज्वालामुखी से पोटाशधनी राख

और मिट्टी के वह आने से जावा में जमीन जरखेज हो गयी थी। वेसूवियस के ढालों पर गिरती रहने वाली ज्वालामुखी धूल में पोटाश, जो पौधों की बाढ़ के लिए एक महत्त्वपूर्ण पोषक तत्त्व है, अधिक मात्रा में रहती है। पोटाशधनी जमीन खेती के लिए बहुत उपयोगी होती है और वहाँ पैदावार बहुत अच्छी होती है।

ज्वालामुखी से निकलने वाली कुछ गैसें भी उपयोगी होती है। उदाहरणार्थ, जो गन्धक मैगमा और गैस के साथ निकलता है वह ठोस पदार्थ में परिवर्तित होकर ज्वालामुखों पर जम जाता है और उसको खदान की जा सकती है। दक्षिणी अमेरिका, न्यूजीलैंड और जापान में ऐसे गन्धक की खदान होती है। मैक्सिको में पोपोकाटेपेटिल की चोटी पर स्थित ज्वालामुख में जमी गन्धक की पहले खदान की जाती थी।

ज्वालामुखी मे विस्फोट होने पर टिन, टंगसटन, स्वर्ण जैसी धातुएँ, गैस, पिघला पत्थर ज्वालामुखी के किनारे गिरते रहते है। बहुत-सी धातुएँ हमें उपलब्ध ही न हों यदि विस्फोट न हो और मैगमा बाहर न निकले।

यह सर्वविदित है कि कच्ची धातुओं के जखीरे कतिपय स्थानों में ही और सीमित मात्रा मे पाये जाते हैं। इसका कारण यह है कि धातुओं को पृथ्वी के गर्भ से

बाहर निकलने के लिए विस्फोट के साथ मैगमा के बाहर निकलने पर ही बहुत-कुछ निर्भर रहना पड़ता है क्योंकि कच्ची धातुओं के लिए अपेक्षित ताप, दबाव आदि की स्थिति वहीं अनुकूल होती है।

कहीं-कहीं सीसा और जस्ता दोनों साथ-साथ पाये जाते हैं क्योंकि ये दोनों बहुत आसानी से मैगमा में घुल जाते हैं और अलग किये जा सकते हैं। इसी कारण से पारा और एन्टीमनी साथ-साथ पाये जाते हैं। मैगमा के साथ बाहर आकर सतह पर ये अलग हो जाते हैं। इसलिए आश्चर्य नहीं कि ये नये ज्वालामुखी क्षेत्रों में पाये जाते हैं जहाँ ज्यादा पत्थर नहीं निकल चुके हैं। संयुक्त राष्ट्र अमेरिका में पारे की सभी खानें पश्चिम में अधिकतर कैलीफोरनिया में पाई जाती हैं।

टंगस्टन, बेरीलियम, टिन और टान्टालुम ऐसी धातुएँ हैं जो मैगमा के साथ बहुत दूर तक नहीं आतीं। वास्तव में, पिघलकर भी वे पत्थर से अलग होकर बाहर नहीं निकल पातीं। वे पृथ्वी की पपड़ी के बहुत नीचे जमा रहती हैं। हम अधिकतर उन्हें पुराने ज्वालामुखी क्षेत्रों में ही पाते हैं जहाँ दो मील तक सतही पत्थर निकल चुके हैं या कमजोर पड़ चुके हैं।

ज्वालामुखी का सबसे बहुमूल्य पदार्थ हीरा है।

हीरा मुख्यतया पुराने ज्वालामुखी के मुखद्वार की नली में पाया जाता है यानी वह नली जिससे लावा बाहर निकलता है। बुझे हुए ज्वालामुखी की नली में, जिसमें से होकर कभी लावा बाहर निकलता था, हीरे अटके रहते हैं। अनुमान है कि जब नली में लावा ठंडा हो रहा होता है और कार्बन पर बहुत दबाव पड़ रहा होता है तभी हीरा बनता है।

ज्वालामुख से अन्य कीमती पत्थर भी निकलते हैं। झाँवा उनमें से एक है। यह संसार में सबसे हल्का पदार्थ है, इतना हल्का कि पानी में तैर सकता है। इसका कारण यह है कि यह गैस के बुलबुलों से भरा होता है। लावा जब बहुत जोर से निकलता है तो गैस को बाहर निकलने का समय ही नहीं मिलता और वह उसी में जम जाती है। झाँवा हल्का प्लास्टर और सीमेंट-मिश्रण बनाने में भी इस्तेमाल होता है। इसका दंतमंजन भी बनाया जाता है। वास्तव में यह अनेक रूप से इस्तेमाल होता है।

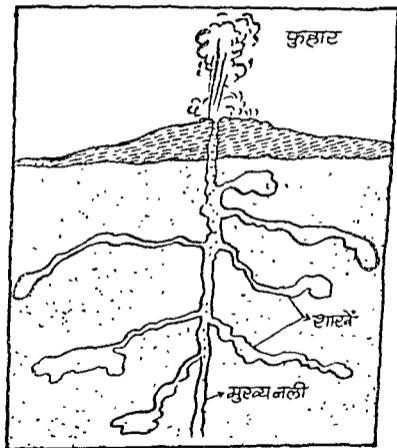
ज्वालामुखी काँच आज भी हवाई में पाया जाता है। कभी-कभी लावा बहाव में सब काँच ही होता है। यह काँच देखने में बहुत सुन्दर होता है और विभिन्न रंगों का होता है। एलोस्टोन में भी यह पाया जाता है।

ज्वालामुख से छोटे-छोटे अन्य पत्थर भी निकलते हैं जैसे लैपिली (Lapilli)। इटली और जर्मनी में यह पत्थर सुखाकर भवन निर्माण में प्रयुक्त होता है क्योंकि सुखाने से यह पत्थर सख्त हो जाता है। पुराने ज्वालामुखी के आसपास की जमीन खोदकर ऐसे पत्थर निकाले जाते हैं।

सादा लावा भी कई अर्थों में उपयोगी है। लावा सख्त होने पर बेसाल्ट पत्थर बन जाता है जिसे पीसकर सीमेंट-मिश्रण में इस्तेमाल किया जाता है। यह सड़क-निर्माण में प्रयुक्त किया जाता है। सीमेंट के ईजाद होने से पूर्व बेसाल्ट को ही इस्तेमाल किया जाता था। पूर्वी संयुक्त राष्ट्र अमेरिका में इसकी अनेक खानें हैं।

लावा बहाव समुद्र में प्रवेश करने पर नयी भूमि को जन्म देता है। लावा बहाव से पठार का भी निर्माण होता है।

गर्म पानी के चश्मे, गीज़र, वाष्पमुख की उत्पत्ति का कारण ज्वालामुखी ही है। गर्म चश्मों का इस्तेमाल स्नान के लिए, कपड़े धोने के लिए प्राचीन समय से किया जाता रहा है। अलास्का में 'दस सहस्र धुआँ घाटी' में वाष्पमुखों के पानी का प्रयोग खाना पकाने के लिए किया जाता था। कैलीफोरनिया में, न्यूजीलैंड में,

इटली में तथा मैक्सिको, जापान, चीन, इंडोनेशिया में गीजर मनोरंजन का दृश्य बन गये हैं। पर्यटकों के लिए ज्वालामुखी और गीजर आकर्पण-केन्द्र हैं। एलोस्टोन में

चित्र-15 : गीजर की अनुप्रस्थ काट

हजारों छोटे-बड़े गीजर और गर्म पानी के चश्मे हैं जिनको देखने के लिए बड़ी संख्या में पर्यटक जाते हैं।

एलोस्टोन पार्क, अमरीका में 'ओल्ड फेथफुल' गीज़र प्रति 65 मिनट में करीब 43 मीटर ऊँची गर्म पानी की फुहार फेंकता है। 4 मिनट तक यह गीज़र इसी प्रकार फुहार फेंकता रहता है और फिर धीरे-धीरे बन्द हो जाता है। वास्तव में मैगमा से ही इसका पानी गर्म होता रहता है।

अधिकांश गर्म पानी के झरनों में पानी पृथ्वी के बहुत नीचे से नहीं आता। पानी छिछली गहराई से आता है। इस पानी को मैगमा गर्म करता रहता है—वह मैगमा जो सतह के ऊपर नहीं निकल सका है। अत्यधिक गर्म पानी के झरने वहीं पाये जाते हैं जहाँ ज्वालामुखी सक्रिय रहे हैं, जैसे आइसलैंड में, न्यूजीलैंड में और एलोस्टोन पार्क में। कम गर्म पानी के झरने और कम शानदार झरने अधिकतर पुराने ज्वालामुखी के क्षेत्रों में पाये जाते हैं, जैसे अरकांसस में। यहाँ पारे की खानें हैं और पारा, जैसा हम जानते हैं, मैगमा के साथ बाहर आता है। अरकांसस के गर्म झरनों के निकट अनेक ज्वालामुखी पर्वतों की नलियाँ हैं। इनमें से एक में तो हीरे की खान है।

गीजर में पानी की फुहार ऊपर क्यों उठती है ?
पानी सदैव 212° फेरनहाइट पर नहीं उबलता। पानी का उबलांक दबाव पर निर्भर करता है और दबाव के अनुसार बदलता रहता है। पहाड़ की चोटी पर समुद्री सतह की अपेक्षा दबाव कम होता है, फलत: अंडा उबलने में 3 मिनट के बजाय 4 मिनट का समय लगता है क्योंकि पानी 200° फेरनहाइट पर उबलने लगता है। इससे अधिक गर्म पानी हो नहीं पाता और उबलने में समय कुछ अधिक लगता है। समुद्री सतह के नीचे जैसे 'मृत्यु-घाटी' में पानी 213° फेरनहाइट या 214° फेरनहाइट पर ही उबलता है। इसलिए उबलने में अपेक्षाकृत समय कम लगता है। इससे स्पष्ट है कि जितना अधिक दबाव होगा उतने अधिक तापक्रम पर पानी उबलेगा।

जहाँ गीज़र होता है वहाँ पृथ्वी के नीचे पौधे की शाखाओं की तरह अनेक नलियाँ होती हैं जिनमें पानी भरा होता है। जैसे ही पानी नीचे पहुँचता है, मैगमा के सम्पर्क में आकर गर्म हो जाता है। नली गर्म हो जाती है, ठंडा पानी संवहन-क्रिया से नीचे जाता है और गर्म पानी ऊपर आता है। धीरे-धीरे सारा पानी गर्म हो जाता है लेकिन उतना नीचे पानी उबलता नहीं जब तक

कि उसका तापक्रम 250° फेरनहाइट तक नहीं पहुँच जाता। जब पानी इस तापक्रम पर पहुँच जाता है तो सिरे पर भाप के बुलबुले बनकर सतह पर जाते हैं और दरार करके पानी फुहार के रूप में उठ जाता है। जैसे ही फुहार निकलती है नली-दबाव में परिवर्तन होता है। अपेक्षाकृत पानी कम होने से दबाव कम हो जाता है, पानी नीचे तल पर उबलने लगता है और नली का पूरा पानी उबलकर बहुत ऊपर फूट आता है और फुहार बहुत ऊँची उठ जाती है। नली पानी से खाली हो जाती है। अगर पानी की एक ही नली हो तो गीजर पानी फेंकना बन्द कर देगा क्योंकि वह पानी खत्म हो जाएगा। लेकिन चूँकि नलियाँ अनेक होती हैं इसलिए दूसरी, तीसरी आदि नली से पानी मुख्य नलो में बराबर आता रहता है और इसी तरह ऊपर फिरता रहता है। संभव है कि काफी वर्षों बाद पानी कम पड़ जाय या मैगमा ठंडा पड़ जाय, तब धीरे-धीरे गीज़र बन्द हो जाएगा।

वाष्पमुख से गैसें निकलती हैं जिनका तापक्रम 100°C से 1000°C तक होता है। बुझा हुए ज्वालामुखी या प्रसुप्त ज्वालामुखी प्राय: वाष्पमुख में परिवर्तित हो जाता है। वाष्पमुख से निकली गैसों की प्रतिक्रिया बाह्य वातावरण और पत्थर से होती है, फलस्वरूप

चित्र-16 : यलोस्टोन नेशनल पार्क, वियोमिंग में
गर्म पानी के चश्मे की भाप

बहुत खनिज पदार्थ बन जाते हैं जो प्रायः बड़े चमकीले होते हैं। ये खनिज पदार्थ वाष्पमुख के द्वार पर जमा हो जाते हैं। कुछ वाष्पमुखों से केवल गैसें ही निकलती हैं, लेकिन कुछ अस्थायी वाष्पमुखों से, जैसे 'दस सहस्र धुआँ घाटी', लावा बहता है या राख बहती है जो पृथ्वी के नीचे के पानी को गर्म करती रहती है। कुछ वाष्पमुखों से मुख्यतया कार्बन-डाइआक्साइड गैस निकलती रहती है। यह गैस जमीन के निकट जमा हो जाती है और लोगों का दम तक घोट सकती है। नीचे का पानी मैगमा गैस से गर्म होकर गर्म झरनों के रूप में बाहर निकलता है। कुछ गर्म झरनों से बुलबुलेदार गर्म कीचड़ निकलता रहता है जो प्रायः रंगीन होता है, जैसे एलो-स्टोन पार्क में कुछ वाष्पमुखों से रंग-बिरंगा कीचड़ निकलता रहता है।

□□